

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

**Návrh řešení výtahu bez strojovny s plochým tažným
prvkem**

Design of Lift without Machine Room with Flat Rope

Student:
Vedoucí bakalářské práce:

Tomáš Sládek
doc. Ing. Leopold Hrabovský, Ph.D.

Ostrava 2009

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce.
- souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě.....

.....
Plné jméno diplomanta

Adresa trvalého pobytu diplomanta:

Tomáš Sládek
Čs.tankistů 237
Dolní Lhota, 747 66

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

SLÁDEK, T. Návrh řešení výtahu bez strojovny s plochým tažným prvkem. Ostrava: Institut dopravy, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009, 48 s. Bakalářská práce, vedoucí doc. Ing. Hrabovský, L., Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním řešením elektrického výtahu bez strojovny za použití plochých ocelových lan. Tento výtah je určen pro přepravu osob s nosností 630 kg, jmenovitou rychlostí $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a dopravním zdvihem 25 m.

V úvodu jsou uvedeny všeobecné možnosti vertikální přepravy osob.

Další část je věnována výtahům bez strojovny a jejich konstrukčním prvkům.

Závěrečná část je částí výpočtovou, ve které se věnuji jak výpočtům technologickým, tak pevnostním.

Koncepční řešení výtahu a uchycení jeho pohonu je dokumentováno ve výkresové části bakalářské práce, stejně jako výkres rámu a jednoho jeho komponentu.

ANNOTATION OF THESIS

SLÁDEK, T. Design of Lift without Machine Room with Flat Rope. Ostrava: Institute of Transport, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2009, 48 p. Thesis, head: doc. Ing. Hrabovský, L., Ph.D.

This bachelor thesis deals with the design solution of electric roomless lift, with usány of steel flat ropes. The lift is dedicated to the carriage of passengers, with a deadweight capacity 630 kg, nominal speed $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ and transport stroke 25 m.

In the introduction is indicated a general possibilities of passengers vertical transport.

Next part is dedicated to roomless lifts and its structural elements.

Final, calculation part deals with technological and strength calculations.

Conceptual solution of lift and its drive attachment is documented in drawing part of this bachelor thesis, same as frame and its komponent drawings.

Obsah

Seznam použitého značení.....	3
1 Úvod.....	6
2 Výtahy.....	7
2.1 Rozdělení výtahů.....	8
2.2 Normalizované nosnosti výtahů (kg)	8
2.3 Jmenovité dopravní rychlosti výtahů ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	8
2.4 Základní dispoziční řešení elektrických výtahů – varianty řešení	9
2.5 Hlavní části výtahů.....	10
3 Výtah bez strojovny.....	14
3.1 Nová koncepce – výtah bez strojovny.....	15
3.2 Různá technická řešení.....	15
3.3 Předpoklady pro tento typ výtahu	16
3.4 Použitá lana	17
3.5 Použité pohony.....	19
3.6 Použité rozvaděče.....	20
3.7 Typy řízení	20
3.8 Ojedinelá technická řešení	22
3.9 Odchyłky od existujících technických předpisů.....	25
3.10 Ekonomické výhody řešení	26
3.11 Závěrečné zhodnocení.....	27
4 Technologické výpočty.....	28
4.1 Určení počtu osob.....	29
4.2 Výpočet lan	30
4.3 Kontrola trakce.....	30
4.3.1 Nakládání - plná klec dole.....	31
4.3.2 Nakládání - plná klec nahoře.....	31
4.3.3 Nouzové zastavení - plná klec, směr dolů.....	32
4.3.4 Nouzové zastavení - plná klec, směr nahoru.....	33
4.3.5 Nouzové zastavení - prázdná klec, směr dolů	34
4.3.6 Nouzové zastavení - prázdná klec, směr nahoru	35

4.4 Výpočet výkonu	36
5 Pevnostní výpočty.....	38
5.1 Výpočet vetknutého nosníku U120	38
5.1.1 Výpočet napětí.....	38
5.1.2 Výpočet průhybu	40
5.1.3 Výpočet pomocí programu ANSYS Workbench	40
5.2 Výpočet vetknutého nosníku I120.....	42
5.2.1 Výpočet napětí.....	42
5.2.2 Výpočet průhybu	43
5.3 Výpočet závěsu u nosníku I120	44
5.3.1 Výpočet plechu závěsu.....	45
5.3.2 Výpočet závitových tyčí M16 závěsu	45
6 Závěr.....	46
7 Seznam použitých pramenů.....	47
8 Přílohy.....	48

Seznam použitého značení

C_1	součinitel zahrnující zrychlení, zpomalení a speciální podmínky	$[-]$
C_2	součinitel tvaru drážky	$[-]$
D_{tr}	průměr trakce	$[m]$
E	modul pružnosti oceli	$[Pa]$
F_{I120}	síla zatěžující nosník I120	$[N]$
F_{U120}	síla zatěžující nosník U120	$[N]$
F_z	zaručená nosnost lan	$[N]$
F_{zI120}	síla zatěžující 1/2 závěsu nosníku I120	$[N]$
F_{zp}	potřebná nosnost lan	$[N]$
H	zdvih výtahu	$[m]$
J_{xI120}	moment setrvačnosti nosníku I120	$[mm^4]$
J_{xU120}	moment setrvačnosti nosníku U120	$[mm^4]$
K_l	součinitel bezpečnosti lan	$[-]$
K_{DOVI}	dovolený součinitel bezpečnosti lan	$[-]$
M_{m1}	předběžný moment motoru	$[N \cdot m]$
M_{m2}	navýšený moment motoru	$[N \cdot m]$
M_{I120}	ohybový moment nosníku I120	$[N \cdot mm]$
M_{U120}	ohybový moment nosníku U120	$[N \cdot mm]$
P	hmotnost klece s příslušenstvím	$[kg]$
P_m	výkon motoru	$[kW]$
P_{m2}	eventuelní výkon motoru	$[kW]$
Q	nosnost výtahu	$[kg]$
R_{tr}	poloměr trakce	$[m]$
S_{zI120}	plocha průřezu plechu závěsu u nosníku I120	$[mm^2]$
T_{1Npld}	síla na straně plné klece při nakládání v dolní poloze	$[N]$
T_{2Npld}	síla na straně protiváhy při nakládání v dolní poloze	$[N]$

$T_{1Np\ln}$	síla na straně plné klece při nakládání v horní poloze	[N]
$T_{2Np\ln}$	síla na straně protiváhy při nakládání v horní poloze	[N]
$T_{1NZplsd}$	síla na straně plné klece při nouzovém zastavení směrem dolů	[N]
$T_{2NZplsd}$	síla na straně protiváhy při nouzovém zastavení směrem nahoru	[N]
$T_{1NZplsn}$	síla na straně plné klece při nouzovém zastavení směrem nahoru	[N]
$T_{2NZplsn}$	síla na straně protiváhy při nouzovém zastavení směrem dolů	[N]
$T_{1NZprsd}$	síla na straně prázdné klece při nouzovém zastavení směrem dolů	[N]
$T_{2NZprsd}$	síla na straně protiváhy při nouzovém zastavení směrem nahoru	[N]
$T_{1NZprsn}$	síla na straně prázdné klece při nouzovém zastavení směrem nahoru	[N]
$T_{2NZprsn}$	síla na straně protiváhy při nouzovém zastavení směrem dolů	[N]
T_0	rozdíl sil nejhorší varianty zatížení	[N]
W_{xI120}	průřezový modul nosníku I120	[mm ³]
W_{xU120}	průřezový modul nosníku U120	[mm ³]
a	zrychlení motoru	[m · s ⁻²]
b	tloušťka plechu závěsu u nosníku I120	[mm]
d_3	malý průměr závitu M16 závitové tyče	[mm]
e	základ přirozených logaritmů	[-]
f	součinitel tření mezi plochým tažným prvkem a litinovým kotoučem	[-]
g	tíhové zrychlení	[m · s ⁻²]
h	šířka plechu závěsu u nosníku I120	[mm]
i_k	lanový převod klece	[-]
i_z	lanový převod protiváhy	[-]
l	délka nosníku (hloubka šachty)	[mm]
m_m	hmotnost motoru	[kg]
m_{ppm}	hmotnost platformy pod motor	[kg]
m_{pr}	hmotnost protiváhy	[kg]
m_{tr}	zatížení na trakci pohonu	[kg]
m_{zI120}	hmotnost závěsu u nosníku I120	[kg]

n_l	počet lan	$[-]$
n_m	otáčky motoru	$[s^{-1}]$
q_l	hmotnost 1 metru lana	$[kg \cdot m^{-1}]$
v	jmenovitá rychlost výtahu	$[m \cdot s^{-1}]$
v_m	rychlost otáčení trakce	$[m \cdot s^{-1}]$
y_D	dovolený průhyb nosníku	$[mm]$
y_{I120}	průhyb nosníku I120	$[mm]$
y_{U120}	průhyb nosníku U120	$[mm]$
α	úhel opásání	$[rad]$
π	Ludolfovo číslo	$[-]$
σ_D	dovolené napětí v ohybu oceli S235JR	$[MPa]$
σ_{I120}	napětí v nosníku I120	$[MPa]$
σ_{tD}	dovolené napětí v tahu oceli S235JR	$[MPa]$
$\sigma_{tpzI120}$	napětí v tahu plechu závěsu I120	$[MPa]$
$\sigma_{ttzI120}$	napětí v tahu závitové tyče závěsu I120	$[MPa]$
σ_{U120}	napětí v nosníku U120	$[MPa]$
$\sigma_{U120HMH}$	napětí v nosníku U120 dle programu ANSYS Workbench	$[MPa]$

1 Úvod

Výtahem dle normy ČSN EN 81-1 rozumíme strojní zdvihací zařízení, obsluhující určená podlaží, mající klec, která je vedena mezi svislými vodítky nebo vodítky, jejichž odklon od svislice není vyšší než 15°.

Práce výtahu je většinou přerušovaná, to znamená, že nastupování a vystupování osob nebo nakládání a vykládání břemen probíhá při stojící kabině.

K výtahům se počítají i pohyblivé schody (eskalátory) a chodníky jako prostředky vertikální i horizontální dopravy. Přitom k ekonomickému řešení dopravních problémů v budovách je často použito kombinace výtahů a eskalátorů.

Důvody, které vedly ke konstrukci výtahů, jsou přirozené. Snaha po mechanizaci vertikální dopravy se nejprve týkala břemen, později i osob. Pohyb vzhůru proti zemské přitažlivosti je spojen s vynaložením značné fyzické energie.

Jedním z mnoha typů výtahů je výtah bez strojovny s plochým tažným prvkem místo běžných ocelových lan, což je tématem této bakalářské práce.

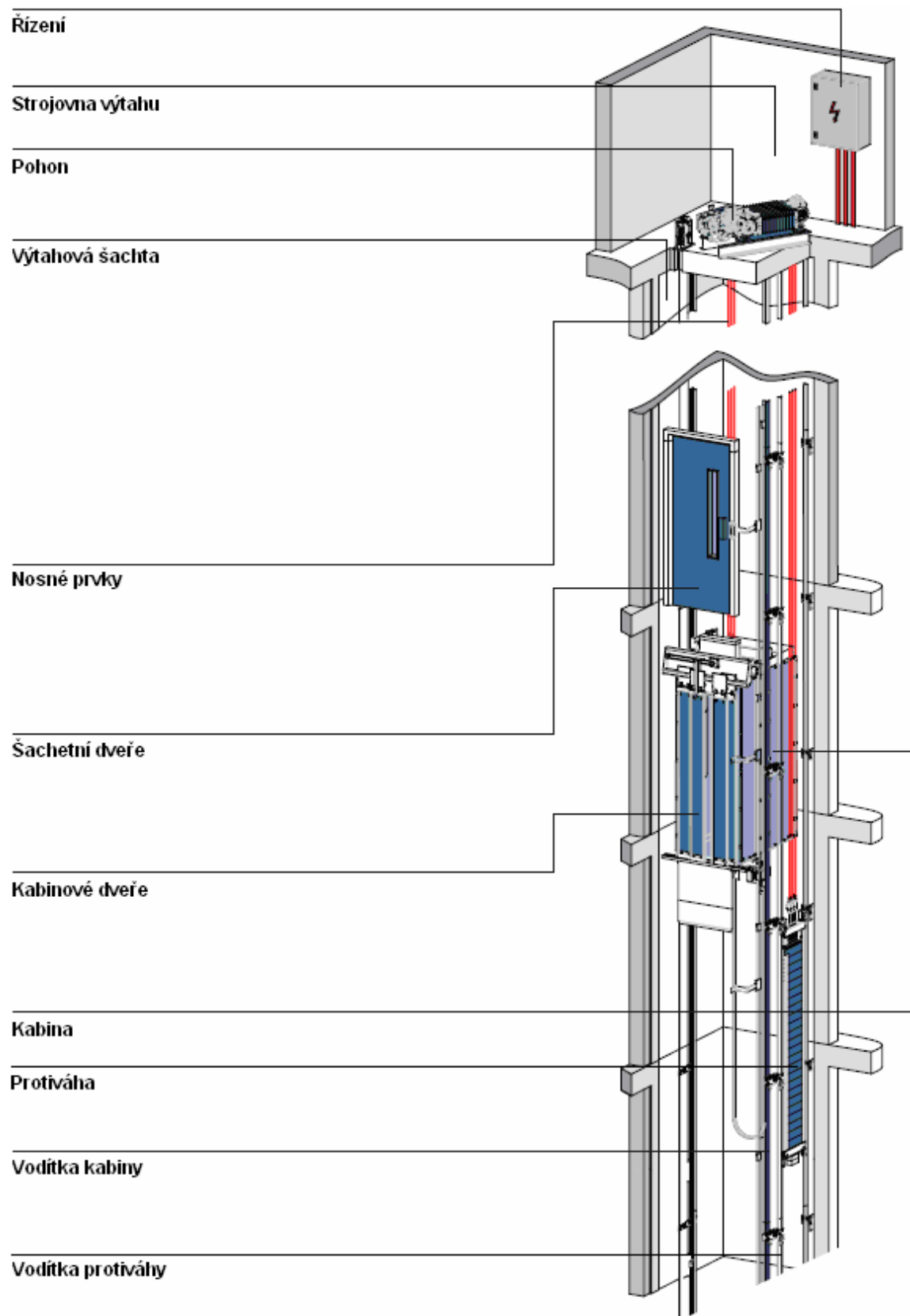
Dle vyhlášky č.19/1979 Sb. je výtah vyhrazené zdvihací zařízení, které je definováno takto:

- zdvihací zařízení, které může ve zvýšené míře ohrozit zdraví pracovníků, nebo způsobit škodu na majetku.

V normě ČSN ISO 4190-1 je v terminologii uveden termín osobní výtah, což je:

- trvale umístěné zvedací zařízení obsluhující určené úrovně nástupišť, mající klec, jejíž rozměry a konstrukce zjevně dovolují přístup osob.

2 Výtahy



Obr. 2.1 Celkové uspořádání osobního výtahu s elektrickým pohonem; zdroj [19]

2.1 Rozdělení výtahů

Podle druhu pohonu dělíme výtahy do tří základních skupin:

- výtahy s elektrickým pohonem,
- výtahy s hydraulickým pohonem,
- výtahy s pneumatickým pohonem.

Volím variantu výtahu s elektrickým pohonem.

Výtahy s elektrickým pohonem se podle normy ČSN ISO 4190-1 dělí dále do těchto tříd:

- Třída I Výtahy určené pro dopravu osob.
- Třída II Výtahy určené především pro dopravu osob, ale může se v nich dopravovat i náklad.
- Třída III Výtahy určené pro zdravotnické účely včetně nemocnic a pečovatelských domovů.
- Třída IV Výtahy určené především pro dopravu nákladu, který je obvykle doprovázen osobami.
- Třída V Malé nákladní výtahy.
- Třída VI Výtahy zvlášť určené pro budovy s intenzivním provozem. (např. s rychlostí 2,5 m/s a více).

Nezatříděné:

- stolové výtahy,
- bubnové výtahy,
- nákladní výtahy se zakázanou dopravou osob,
- oběžné výtahy (paternostery).

2.2 Normalizované nosnosti výtahů (kg)

320 – (450) – 630 – 800 – 1000 – 1275 – 1600 – 1800 – 2000 – 2500

2.3 Jmenovité dopravní rychlosti výtahů ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

0,4 – 0,63 – 1,0 – 1,6 – 2,0 – 2,5 – 3,0 – 3,5 – 4,0 – 5,0 – 6,0

Rychlosti 0,63 m/s až 6,0 m/s platí pro elektrické výtahy.

Rychlosti 0,4 m/s až 1,0 m/s platí pro hydraulické výtahy.

2.4 Základní dispoziční řešení elektrických výtahů – varianty řešení

Trakční se strojovnou nahoře - výtah je poháněn trakčním pohonem se strojovnou umístěnou nad výtahovou šachtou.

a) výhody

- krátká délka lan
- přístup při poruše
- maximální využití rozměrů šachty
- nízký hluk v šachtě
- velký zdvih - počet stanic
- nízký příkon motoru

b) nevýhody

- přístup na střechu poklopem
- nevzhledná strojovna na střeše budovy
- problémové vytažení motoru na střechu

Trakční se strojovnou dole - výtah je poháněn trakčním pohonem se strojovnou umístěnou dole vedle šachty.

a) výhody

- odpadá nevzhledná strojovna na střeše budovy
- dobrý přístup k motoru

b) nevýhody

- velká délka lan
- specifické motory
- převáděcí kladky
- nevyužívá se plný rozměr šachty

Trakční bez strojovny - výtah je poháněn trakčním pohonem umístěným ve výtahové šachtě.

a) výhody

- odpadá nevzhledná strojovna na střeše budovy
- je méně závislý na budově
- nízké stavební výdaje
- krátká délka lan
- maximální využití rozměrů šachty

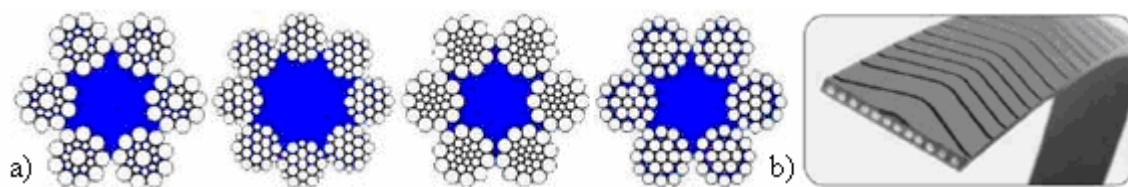
b) nevýhody

- větší hluk, z důvodu umístění pohonu ve výtahové šachtě
- šachta se musí dobře odizolovat
- nutnost umožnění dálkového řízení pohonu
- dálkově vybavený omezovač rychlosti

Volím variantu trakčního výtahu bez strojovny, která dává architektům větší tvůrčí svobodu a stavitelům lepší kontrolu nad montáží s minimem stavebních úprav. Je to moderní řešení, kterému patří budoucnost ve výtahové oblasti.

2.5 Hlavní části výtahů

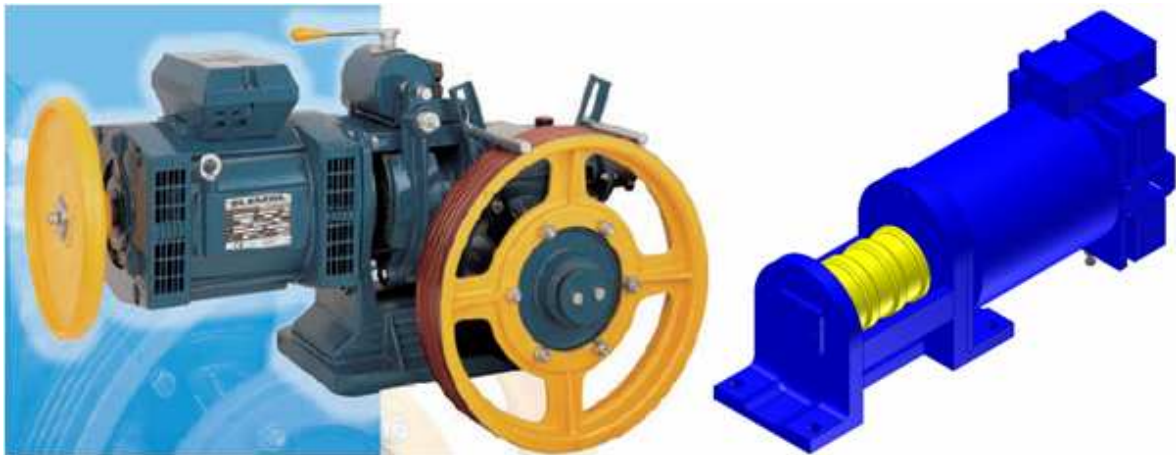
1. Nosné orgány jsou ocelová lana nebo ocelové řetězy s paralelními články (Gallovy řetězy) nebo válečkové řetězy, na nichž je zavěšena klec a vyvažovací nebo vyrovnávací závaží. Jako moderní nosný orgán se používají ploché tažné prvky.



Z leva: SEAL, WARRINGTON, SEAL-WARRINGTON, FILLER, PLOCHÉ LANO.

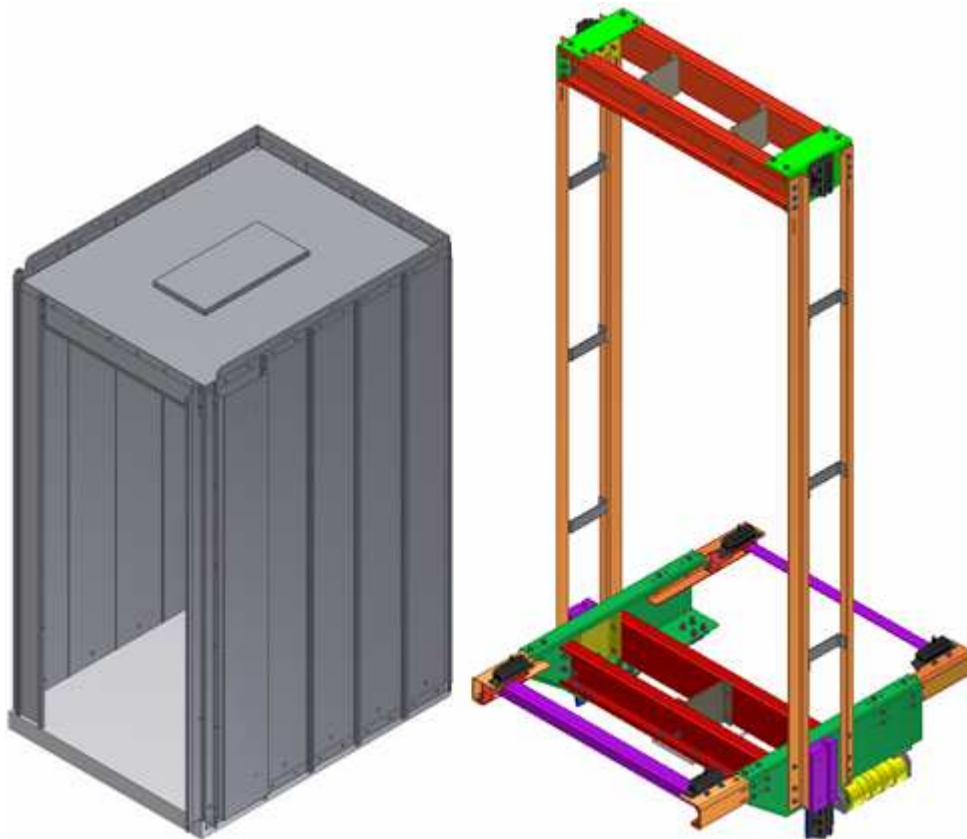
Obr. 2.2 Lana používaná ve výtahové oblasti; zdroj a) [17]; b) [18]

2. Výtahový pohon je zdvihacím ústrojím výtahu. Je umístěn ve strojovně nebo ve výtahové šachtě a skládá se z těchto prvků:
 - hnacího elektromotoru,
 - mechanického převodového ústrojí,
 - stavící brzdy,
 - hnacího lanového kotouče u trakčního pohonu nebo drážkovaného,
 - navíjecího bubnu u bubnového pohonu,
 - spojek, hřídelů, čepů, ložisek,
 - rámu výtahového stroje.



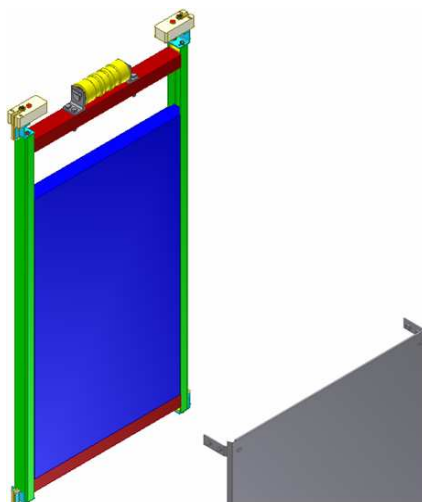
Obr. 2.3 Klasický výtahový pohon (Montanari M73) a pohon na plochá lana; zdroj [16]

3. Klec je nosnou částí výtahu, v níž se dopravují osoby nebo náklady. Je tvořena ocelovou kostrou (rámem), v níž je uložena kabina a k této kostře je dále připevněn:
- závěs nosných orgánů (případně převáděcí kladky),
 - vodící čelisti sloužící k vedení klece po vodičkách,
 - zachycovače,
 - závěs a pohon kabinových dveří.



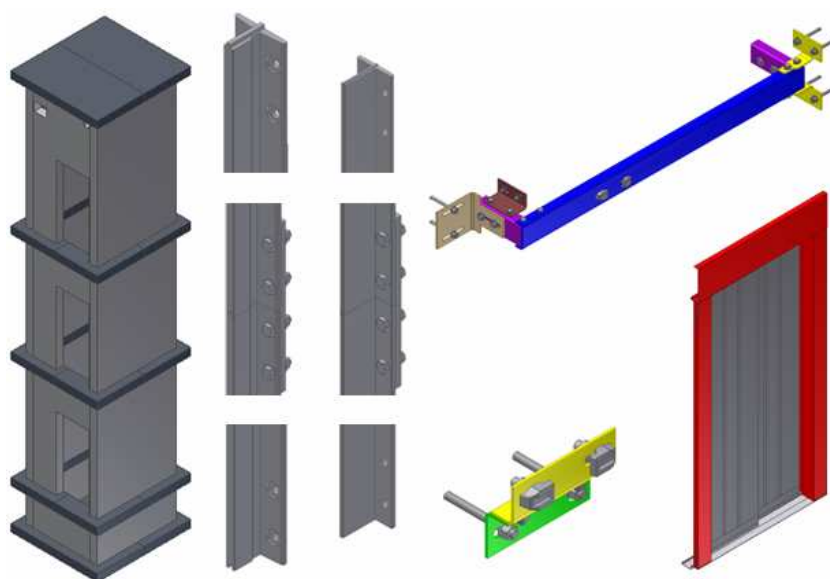
Obr. 2.4 Kabina VBS630, rám VBS630

4. Protiváha vyvažuje zcela hmotnost klece s kabinou a příslušenstvím a část hmotnosti břemena (40 až 50 %). Je stejně jako klec vedeno vodičky buď v téže šachtě jako klec, nebo v samostatné šachtě. V dolní poloze šachty musí být umístěn kryt protiváhy.



Obr. 2.5 Protiváha VBS630, kryt protiváhy

5. Výtahová šachta s vodičky a šachetními dveřmi je úplně nebo částečně ohrazený prostor, v němž se pohybuje klec a obvykle i vyvažovací závaží. Může být ocelová, zděná nebo železobetonová, či v moderních budovách bývá i částečně prosklená. Vodička slouží k vedení klece a vyvažovacího závaží a k přenesení brzdné síly při činnosti zachycovacího ústrojí. Vodička jsou uložena na konzolách (kotvách) vodiček, pevně zakotvených ve stěně šachty nebo uložených na ocelové konstrukci šachty.



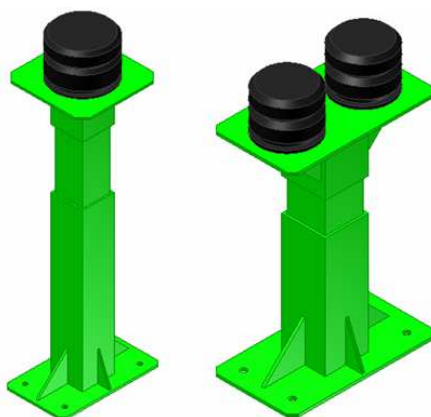
Obr. 2.6 Šachta, vodička a jejich konzoly, šachetní dveře

6. Zachycovače jsou mechanickým zařízením, upevněným na ocelové konstrukci klece nebo vyvažovacího závaží, které zachytí klec, resp. závaží, na vodítkách, přetrhnou-li se nosné orgány nebo překročí-li dopravní rychlost předem stanovenou hodnotu při pohybu směrem dolů. Impuls k činnosti zachycovacího ústrojí může být odvozen od závěsu nosných orgánů nebo tzv. omezovače rychlosti, umístěného ve strojovně výtahu nebo ve výtahové šachtě.



Obr. 2.7 Zachycovač; zdroj [14]

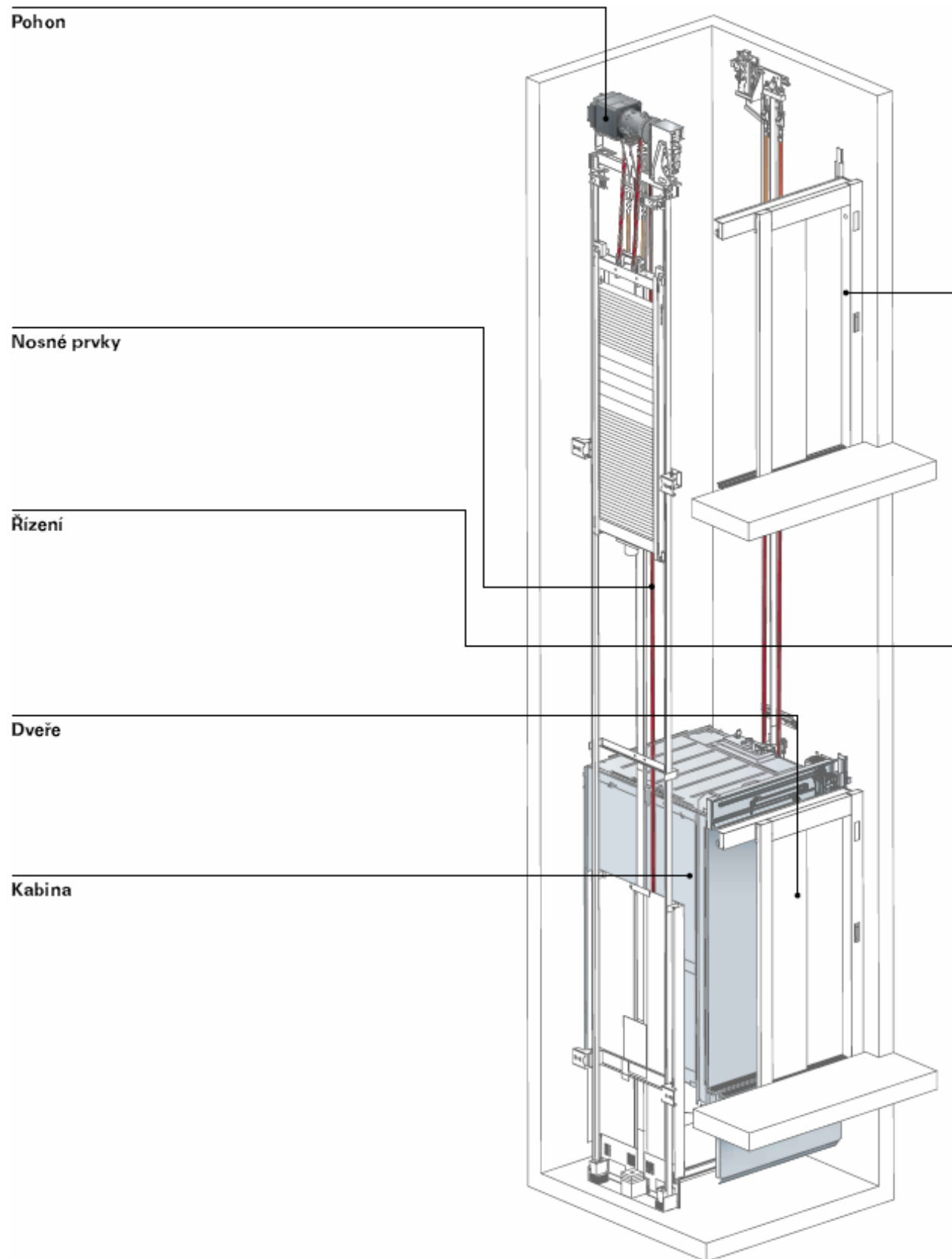
7. Nárazníky jsou umístěny ve spodní části výtahové šachty a slouží k zastavení klece nebo vyvažovacího závaží při přjetí dolní krajní polohy.



Obr. 2.8 Nárazník klece a protiváhy

8. Ostatní bezpečnostní prvky, např. koncové vypínače, závěsový spínač, uzávěrka šachetních a kabinových dveří.
9. Osvětlení nástupišť, vnitřního prostoru kabiny a šachty.
10. Řídicí systém výtahu.

3 Výtah bez strojovny



Obr. 3.1 Celkové uspořádání výtahu bez strojovny; zdroj [19]

3.1 Nová koncepce – výtah bez strojovny

Současný trend navrhování výtahových systémů směřuje k obecné změně, která je představována řešením, kde klasická výtahová strojovna pro trakční výtahy nebo pro výtahy hydraulické je nahrazována řešením bez strojovny. Na tuto změnu zareagovali takřka všichni světoví výrobci výtahů a v současné době je známá řada úspěšných řešení.

3.2 Různá technická řešení

V úvodu je nutno podotknout, že existuje celá řada technických řešení s drobnými či většími odchylkami, ale obecné řešení je stále stejné, výtah nepotřebuje strojovnu. Jednotlivá technická řešení jsou většinou patentově chráněna a tudíž nelze jednoduchým způsobem jako doposud složit výtah z jednotlivých, byť vhodných komponentů.

Přehled řešení

a) Převodový stroj v horní části šachty a rozvaděč ve stanici

K pohonu výtahu slouží převodový stroj umístěný v horní části šachty a je upevněn většinou na výtahových vodítkách. Výhodou tohoto řešení je jednoduchost, maximální nosnost je většinou 630 kg, případně 1000 kg, neboť velikost převodového stroje je limitována prostorem v horní části šachty.

b) Bezpřevodový stroj v horní části šachty a rozvaděč ve stanici

Velmi komfortní řešení, které umožňuje dosažení vyšších nosností až do 1600 kg. Vzhledem k použití bezpřevodového stroje je možné rozšířit parametry rychlosti až do 1,6 m/s. Toto řešení je doplněno novým technickým řešením údržby výtahu prováděné přímo z kabiny výtahu. Pohon může být upevněn za vodítkem, na vodítkách nebo na zdi výtahové šachty.

c) Převodový stroj v dolní části šachty a rozvaděč ve stanici

Řešení využívající umístění stroje v prohlubni, případně pod ní. Toto řešení tvoří menší oblast výtahových aplikací bez strojovny s nosnostmi do 1000 kg.

d) Převodový stroj součástí kabiny

Velmi pokrokové řešení využívající harmonický typ převodovky z důvodů vysokého převodového poměru a moment pohonu je přímo přenášen na vertikální profily v šachtě. Výhodou tohoto řešení je, že dochází k minimálním přenosům sil do bočních stěn šachty, neboť vertikální profily jsou samonosné.



Obr. 3.2 Rozvaděč ve stanici, Stroj v horní části šachty; zdroj [20]

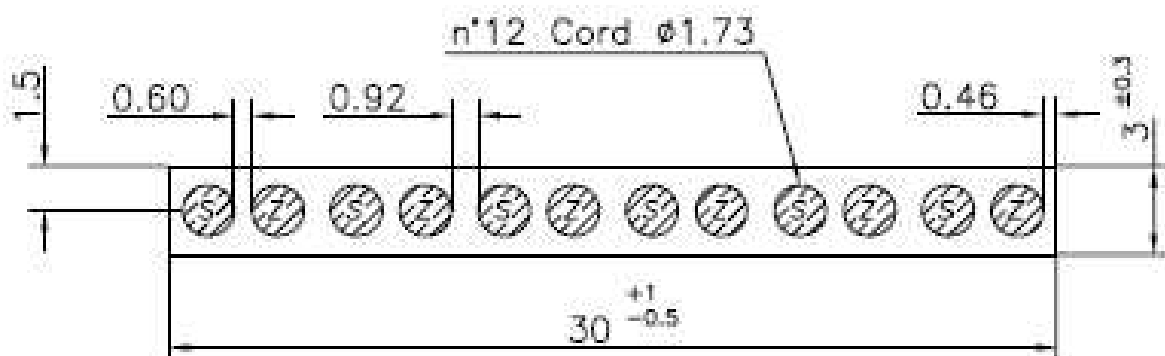
3.3 Předpoklady pro tento typ výtahu

- lana
 - výrobci vyvinuli nový a velice výhodný druh tažného prvku, který má řadu výhod a varianta výtahu bez strojovny s tímto tažným prvkem je velice efektivní,
- pohon
 - výrobci museli vyvinout vhodný, velice kompaktní typ výtahového pohonu, který nepotřebuje příliš mnoho obestavěného prostoru, jeho instalace je jednoduchá a provoz spolehlivý s minimálními nároky na údržbu,
- rozvaděč
 - s nástupem miniaturizace elektronických prvků a postupující decentralizací řídicího systému výtahu lze umístit dostatečně malý výtahový rozvaděč jinde než ve speciální místnosti - strojovně,

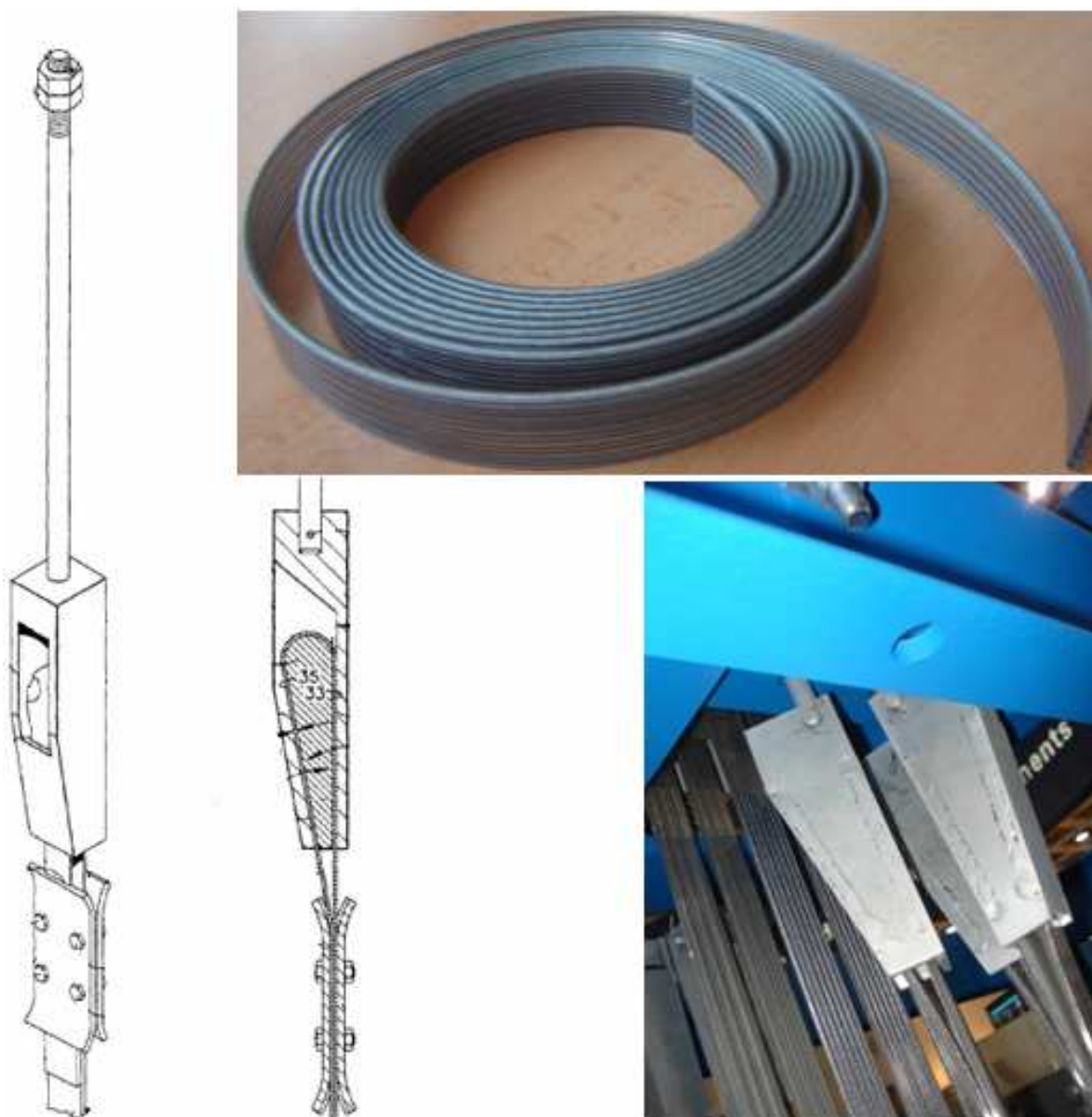
- technologie montáže
 - u výtahu bez strojovny nelze montovat výtah konvečním způsobem, proto bylo nutno vyvinout i nový způsob technologie montáže s využitím nových postupů a pomůcek,
- nové komponenty
 - veškeré komponenty, které by byly umístěné ve strojovně musí být dobře ovladatelné a jejich údržba musí být jednoduchá a snadná,
- provoz výtahu
 - musí být zabezpečený bezpečný provoz výtahu i v krajních situacích např. při vyprošťování uvízlých cestujících,
- soulad s předpisy
 - nové řešení musí odpovídat stávajícím předpisům. V případě, že neodpovídá zcela, nesmí dojít ke zhoršení bezpečnosti.

3.4 Použitá lana

Bylo použito nové přeuspořádání pramenů lana tak, aby byla zaručená pevnost lana a zlepšená trakční únosnost. Měkká sisalová duše, umístěná ve středu klasického kruhového lana, které slouží k mazání lana a tím k zabránění korozi a opotřebení je nahrazené polyuretanovým pláštěm zabraňujícím korozi a opotřebení. Ploché lano je tvořeno z 12-ti vysokopevnostních ocelových pramenů. Průměr jednoho pramene je 1,67mm \Rightarrow vyšší ohybnost \Rightarrow nižší průměr trakčního kotouče (předpis: minimálně 40-ti násobek průměru lana).



Obr. 3.3 Řez plochým tažným prvkem, zdroj [16]



Obr. 3.4 Ploché tažné lano a jeho závěs; zdroj [16]

Výhody plochého ocelového lana

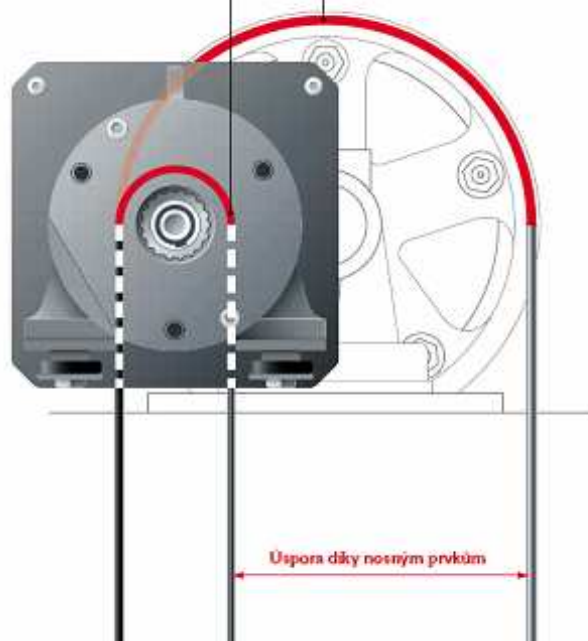
- polyurethanový obal - eliminování styku kov - kov
 - omezuje hlučnost, omezuje vibrace, vyšší ohybnost, lepší trakčnost,
- není potřebné mazání lana
 - ochrana životního prostředí, nižší nároky na údržbu,
- o 20% lehčí než lana klasické konstrukce
 - nižší zatížení na pohon, jednodušší manipulace a tím rychlejší výměna,
- 3x delší životnost než u klasických lan
 - minimálně 20 roků (při 300000 rozběhů/rok).

Dříve: ocelová lana

Ocelová lana jsou relativně neohebná. Potřebují trakční kotouč o průměru nejméně 320 mm, pro lana požadovaná u výtahů. Kompletní konvenční pohon včetně převodů musí být dostatečně velký, aby tomu vyhověl. Takový systém vyžaduje hodně místa.

Nově: nosné prvky

Nosné prvky jsou velmi ohebné. Využívají mnohem menší průměr trakčního kotouče oproti ocelovým lanům. Průměr 85 mm je dostatečný, díky tomu může být menší i motor. Taková konstrukce šetří prostor.



Obr. 3.5 Znáznornění přednosti plochých tažných lan; zdroj [19]

3.5 Použité pohony

a) Převodové pohony

Používají se obvyklé převodové výtahové pohony s určitými úpravami, aby je bylo možné umístit do menšího obestavěného prostoru, obvykle se jedná o vertikální verzi výtahových pohonů. Použité převodovky dosahují velmi nízké úrovně hluku. Motory jsou jednorychlostní nebo dvourychlostní s možností frekvenčního řízení. Brzdy jsou vždy dvojité, odpovídající výtahové normě ČSN EN 81.

b) Bezpřevodové stroje (viz. Obr. 2.3)

Jedná se většinou o synchronní motory nebo o synchronní motory s permanentními magnety. Zejména motory s permanentními magnety dosahují vynikajících poměrů mezi velikostí stroje

a výkonovými parametry. Brzdy jsou buď bubnové nebo kotoučové podle typu a velikosti trakčního kotouče. Bezpřevodové stroje dosahují velmi nízké úrovně hluku a přesné regulace rychlosti a její změny.

Výhody pohonů

- účinnost více než 90 % - nižší spotřeba el.energie
 - o více než 50 % vyšší v porovnání s klasickými převodovými pohony,
 - o více než 15 % vyšší v porovnání s běžnými bezpřevodovými pohony,
- bezpřevodový - není nutný olej
 - ochrana životního prostředí, nižší nároky na údržbu,
- zabere jen 30 % z prostoru potřebného pro klasický pohon.

3.6 Použité rozvaděče

Postupným zmenšováním elektronických prvků bylo možné přesunout některé obvody blíže ke komponentu, který ovládají. Umožnilo to zjednodušit některé funkce rozvaděče a zmenšit jej. Typickým případem je přesun frekvenčního měniče k výtahovému stroji, přesun některých logických obvodů tlačítek a přesun řídicích obvodů automatických dveří k pohonu těchto dveří. Také náhrada obvyklých složitých zapojení elektroinstalace výtahu použitím sériových linek zjednodušuje řídicí systém.

Menší rozvaděč lze pak umístit do prostoru nástupiště, většinou horního, ale to není zcela nezbytné. V případě, že výtah v horním nástupišti ústí přímo do bytu, lze výtahový rozvaděč umístit i do nižšího podlaží.

Výtahový rozvaděč umístěný v prostoru nástupiště je předepsaným způsobem zajištěn proti manipulaci, jako jakékoliv jiné elektrické zařízení.

3.7 Typy řízení

Řízení provozu výtahu - tento parametr ovlivňuje využití výtahu, komfort obsluhy a jeho dopravní kapacitu. Jednotliví výrobci se mohou určitým způsobem odlišovat, ale v zásadě se jedná o podobné systémy. Základní typy řízení mohou být rozšířeny o speciální doplňky na základě požadavků zákazníků.

Základní typy řízení

- jednoduché
 - řízení výtahu, u něhož je možno zaznamenat a vyřídit pouze jeden povel,
- jednoduché s pamětí
 - řízení výtahu, u něhož je možno zaznamenat více povelů, ale vyřídit pouze jeden (postupné vyřizování podle časové posloupnosti),
- sběrné řízení dolů
 - řízení výtahu, u něhož klec vyřizuje postupně požadavky ze stanic ve směru dolů (toto řízení není vhodné pro administrativní budovy, neboť preferuje trvale sběr cestujících směrem dolů před jízdami mezi jednotlivými patry),
- obousměrné sběrné řízení
 - řízení výtahu, u něhož jsou vyřizovány postupně požadavky ze stanic v obou směrech (nezbytné, kde je vyžadována doprava mezi jednotlivými stanicemi),
- skupinové řízení
 - systém řízení současného provozu více výtahů, kde dochází k podstatnému zvýšení dopravní kapacity (tyto typy mohou pracovat na velmi vysoké technické úrovni s využitím matematických modelů i umělé inteligence),
- MICONIC 10
 - tento systém je založený na velmi jednoduché, ale vysoce účinné myšlence. Vaši cílovou stanici zadáte již před vstupem do výtahu na tlačítkovém telefonu, následně Miconic 10 okamžitě přidělí jednotlivé výtahy cestujícím, a tím šetří váš čas a zaručuje komfort (využívá důmyslný algoritmus k řízení komplikovaného dopravního provozu tak, že se mění během dne tím, že vytváří skupiny cestujících, kteří mají stejnou cílovou stanici).



Obr. 3.6 Systém MICONIC 10; zdroj: [19]

3.8 Ojedinělá technická řešení

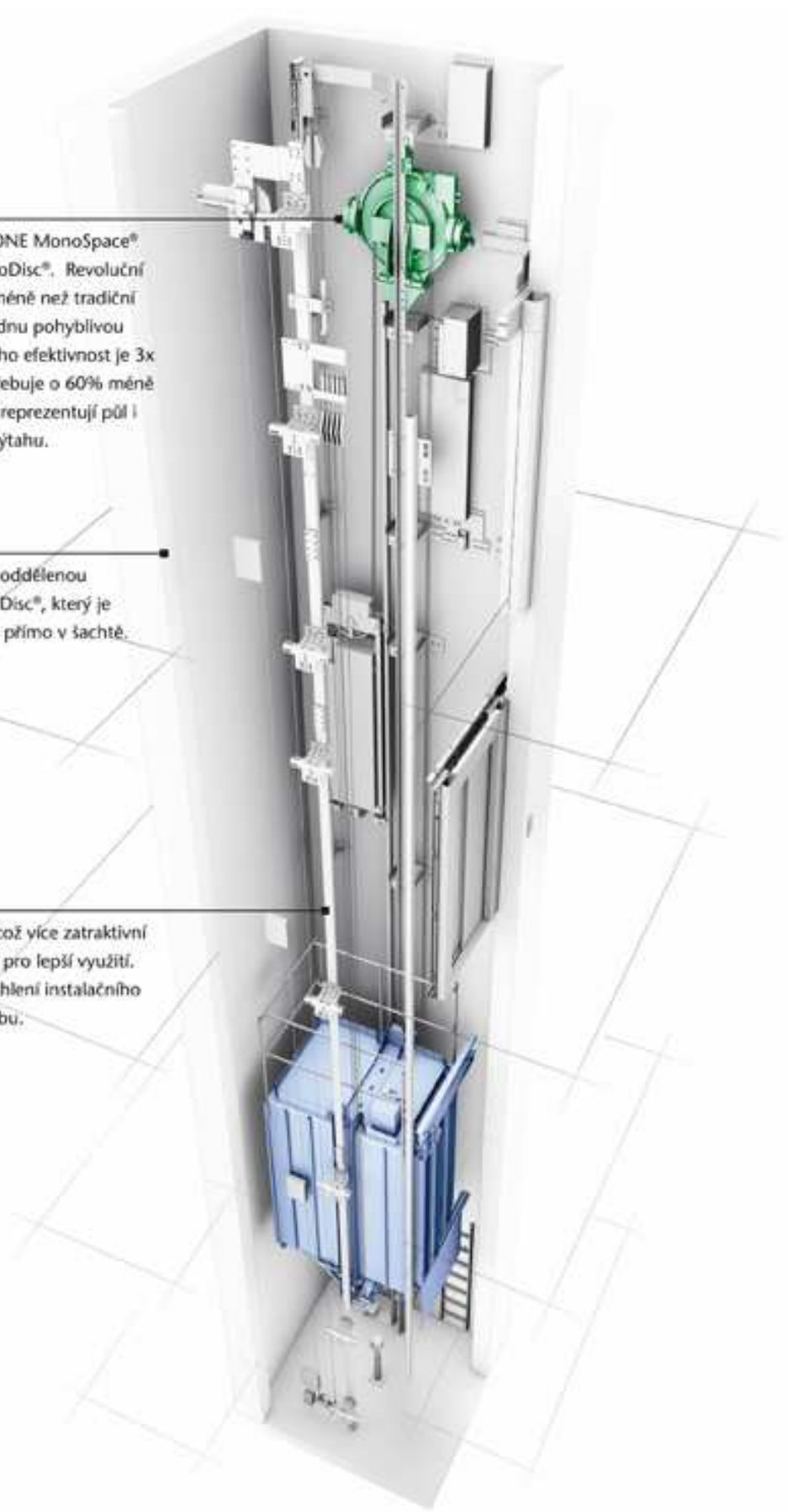
a) Výtah KONE MonoSpace

Platforma KONE MonoSpace je konceptem, který nevyžaduje oddělenou strojovnu a pro její instalaci je potřeba menšího prostoru. Rovněž má nízkou spotřebu energie, nižší hmotnost a dlouhou životnost. Z ekologického hlediska je KONE MonoSpace vynikajícím řešením, neboť se obejde bez použití oleje a její části jsou snadno recyklovatelné. Od svého uvedení na trh v roce 1996 se staly výtahy KONE MonoSpace standardem v oblasti výtahů bez strojoven instalovaných v novostavbách. Technologie KONE MonoSpace získala řadu významných světových ocenění. Její neoddiskutovatelné konkurenční přednosti umožnily společnosti KONE nastavit zcela nové standardy ve svém oboru.

Technologie MonoSpace je založena na pohonu KONE EcoDisc. Pohonná výtahová jednotka KONE EcoDisc využívá synchronní motor s permanentním magnetem v kombinaci s frekvenčním ovládáním a bezpřevodovou konstrukcí s nízkým třením. Výtahy poháněné technologií KONE EcoDisc jsou energeticky úsporné a používají méně stavebních materiálů. Pohon KONE EcoDisc spotřebuje pouze 60 % energie, porovnáme-li to s normálním převodovým výtahem a porovnááme-li to s hydraulickým, pak spotřebuje pouze jednu třetinu jeho energie, přitom je tento produkt velice výkonný s vysokou účinností (0,9).



Obr. 3.7 Pohonná výtahová jednotka KONE EcoDisc; zdroj [15]



Hlavním tajemstvím konceptu KONE MonoSpace® je bezpřevodový motor KONE EcoDisc®. Revoluční KONE EcoDisc® váží o polovinu méně než tradiční bezpřevodový stroj, má pouze jednu pohyblivou část a je zhruba 2x výkonnější. Jeho efektivnost je 3x větší než hydraulický stroj a spotřebuje o 60% méně energie – což jsou náklady, které reprezentují půl i více ročních nákladů na provoz výtahu.

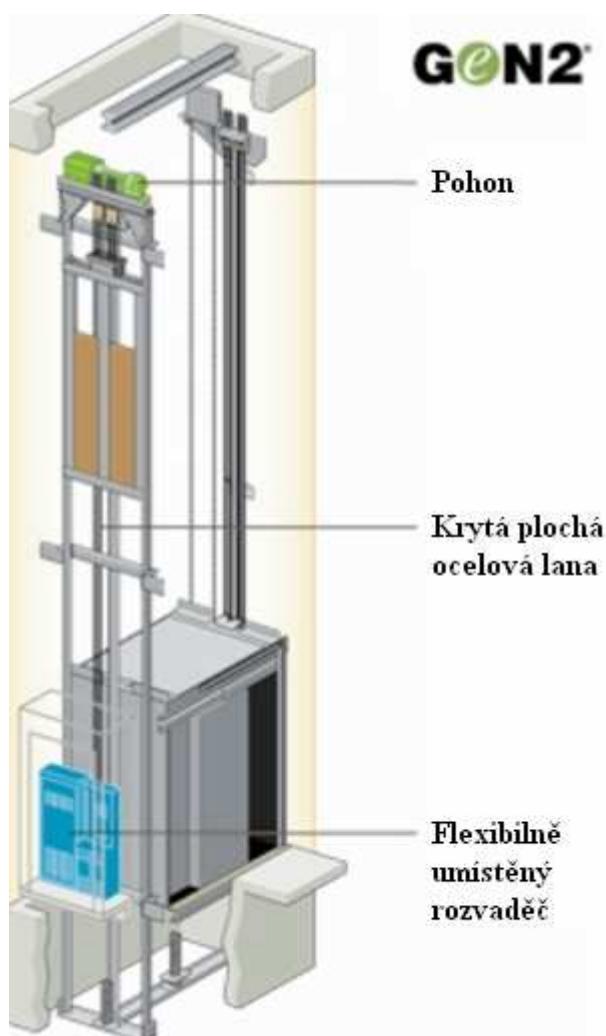
KONE MonoSpace® nepotřebuje oddělenou strojovnu díky motoru KONE EcoDisc®, který je kompatibilní a může být umístěn přímo v šachtě.

Celý výtah je umístěn do šachty což více zatraktivní pohled na budovu a šetří prostor pro lepší využití. Z tohoto důvodu dochází ke zrychlení instalačního procesu bez potřeby lešení a jeřábu.

Obr. 3.8 Koncept KONE MonoSpace; zdroj [15]

b) Výtah Gen2™ společnosti Otis a.s.

Gen2 představuje novou generaci výtahů, odlišujících se od výtahů standardně dostupných na trhu. OTIS vyvinul tyto výtahy pro použití do budov, kde není možné a často ani účelné zřízovat strojovny. Tato nová řada výtahů obsahuje pokroková řešení jak v oblasti strojovny, tak jsou v tomto oboru poprvé u výtahů použita plochá lana se syntetickým povrchem. Tento revoluční systém přináší novou kvalitu do oblasti pohonu výtahu. Použitím plochých lan bylo možno implementovat zcela nový systém výtahového stroje. Ten je řešen jako kompaktní bezpřevodový stroj s motorem s permanentními magnety. Stroj je umístěn v horní části šachty a je přístupný ze střechy klece. Užití tohoto systému přináší výhody hlavně majitelům výtahů, neboť stroj má výrazně vyšší energetickou účinnost ve srovnání s klasicky řešeným pohonem výtahu. Vzhledem k tomu, že na stroji není použita převodovka, není použit ani olej a tím je řešen i problém ekologie.



Obr. 3.9 Koncept výtahu Gen2 a jeho základní komponenty; zdroj [17]

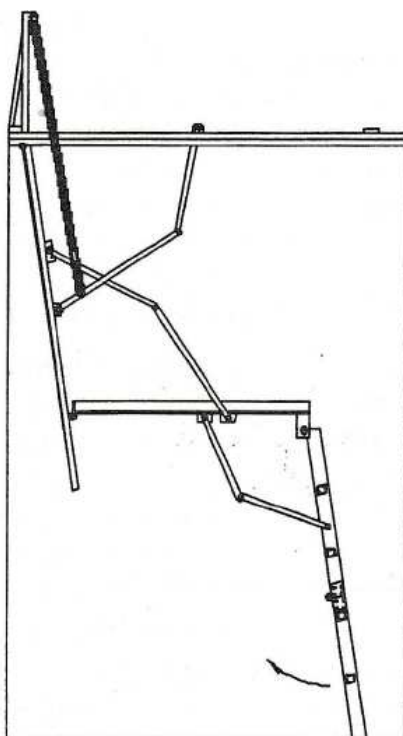
3.9 Odchyłky od existujících technických předpisů

Výtah jako celek musí splňovat podmínky bezpečného provozu a pro jeho zprovoznění musí výrobce nebo dovozce prokázat shodu s technickými předpisy, což je kontrolováno autorizovanou osobou. Výtah bez strojovny má stejné provozní i kvalitativní parametry a liší se pouze dispozičním uspořádáním.

Odchyłky od standardního provedení výtahu

- umístění pohonu
 - pohon není umístěn ve strojovně, ale je situován v horní nebo dolní části šachty. Šachta je posuzována rovněž jako zvláštní prostor přístupný pouze oprávněným osobám,
- umístění omezovače rychlosti
 - omezovač rychlosti je umístěn v horní části šachty a jeho vybavení je v případě zkoušky prováděno buď dálkovým mechanickým nebo elektromagnetickým ovládáním. Výrobce musí umožnit jeho vhodným umístěním vizuální kontrolu během provozu výtahu,
- umístění rozvaděče
 - rozvaděč umístěný ve veřejně přístupném prostoru musí splňovat požadavky na zajištění proti nepovolené manipulaci,
- vyproštění cestujících
 - systém vyprošťování je odlišný, než u výtahu se strojovnou a odbrzdění a násilné jetí kabiny do nejbližší stanice je prováděno z prostoru výtahového rozvaděče. Pro bezpečnost cestujících je možno dodávat i systém automatického vyprošťování, kde je výtah poháněn nouzovým zdrojem umožňující dojetí do nejbližší stanice a otevření dveří,
- servisní činnosti
 - veškeré servisní práce jsou prováděny pouze v prostoru šachty a tomu musí být přizpůsoben horní prostor šachty. Jako velmi progresivní řešení u výtahu

nejnovější konstrukce je provádění veškerých servisních činností ze speciální sklopné servisní plošiny, která je trvalou součástí výtahové kabiny,



Obr. 3.10 Servisní plošina; zdroj [5]

- zatížení výtahových vodítek
 - u výtahů, kde je stroj umístěn v horní části šachty a je nějakým způsobem spojen s výtahovými vodítky, dochází ke změně jejich zatížení. V některých případech to vedlo k zavedení nových typů výtahových profilů, a pokud výtahová vodítka nejsou schopna přenést takové zatížení, je nutno použít i vyztužujících profilů, což je ale vždy součástí dodávky výtahu.

3.10 Ekonomické výhody řešení

Ekonomické výhody řešení jsou velmi zřejmé, neboť prostor, který zabírá strojovna výtahu, lze využít pro jiné účely a při známé ceně plochy pro bytové a komerční účely to představuje zajímavé roční úspory. Tento výtah svým technickým řešením zcela vytlačuje využití hydraulického výtahu pro obvyklé nosnosti až do 1600 kg a tím výrazně zlevňuje náklady na připojení na elektrickou síť a samozřejmě i na jeho provoz, při současném dosažení podstatně lepších parametrů, jako například rychlost.

3.11 Závěrečné zhodnocení

Zavedením nového typu výtahu došlo k některým převratným změnám v celkovém pohledu na výtah. Výtah bez strojovny je opět méně závislý na budově, protože nepotřebuje strojovnu a tím zjednodušuje práce stavebního projektanta. Dramatický vliv je možno pozorovat tam, kde dříve bylo nutno používat hydraulické výtahy. V České republice, kde nikdy není nadbytek připojovací kapacity sítě nízkého napětí, je tato změna velmi výhodná a prospěšná.

V průběhu jednotlivých řešení se projevil vliv patentové ochrany jednotlivých řešení. Výrobci se snažili vyhnout již známým patentovaným řešením a proto vytvořili celou řadu dalších, velmi zajímavých, ale vzájemně technicky odlišných řešení a zákazník má možnost si vybrat vždy z několika variant.

Výtahy bez strojoven přinesly i nový pohled na tvorbu výtahových norem a předpisů. Již v současné době se připravuje změna výtahových norem, aby zde bylo zohledněno i toto nové technické řešení.

Rozhodně lze konstatovat, že výtahům bez strojovny patří velká budoucnost a tisíce instalovaných výtahů v celé Evropě i v České republice v uplynulých měsících a letech to výrazně potvrzují. Výtahy bez strojoven změní siluetu moderních měst. Projektanti a architekti tak mají k dispozici technicky nový výrobek, který lépe využívá prostory, vyhrazené pro vertikální dopravu v budovách.

4 Technologické výpočty

Přehled hodnot použitých veličin

P =	900 [kg]	n _l =	3 [-]	a =	0,7 [m·s ⁻²]
Q =	630 [kg]	g =	9,81 [m·s ⁻²]	v _m =	2 [m·s ⁻¹]
m _{pr} =	1215 [kg]	i _k =	2 [-]	R _{tr} =	0,06 [m]
H =	25 [m]	i _z =	2 [-]	D _{tr} =	0,12 [m]

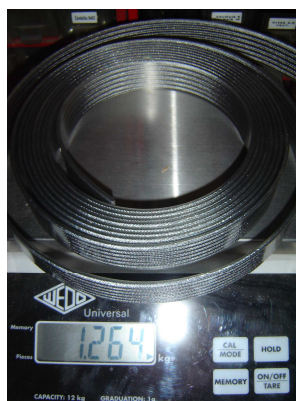
Tab. 4.1 Potřebné hodnoty pro výpočet

Dovolený součinitel bezpečnosti lan

K_{DOVI} = 12 [-] - dle ČSN EN 81-1 u pohonu s třecím kotoučem se třemi lany.

Hmotnost 1 metru lana

q_l = 0,235 [kg·m⁻¹] - zjištěno měřením na digitální váze v laboratoři.



Obr. 4.1 Ukázka měření hmotnosti

Součinitel zahrnující zrychlení a speciální podmínky

$$C_1 = \frac{g + a}{g - a} [-] \quad (4.1)$$

$$C_1 = \frac{9,81 + 0,7}{9,81 - 0,7}$$

$$C_1 = 1,15$$

$C_{1min} = 1,15 [-]$ - pro jmenovitou rychlost $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ - dle ČSN EN 81-1.

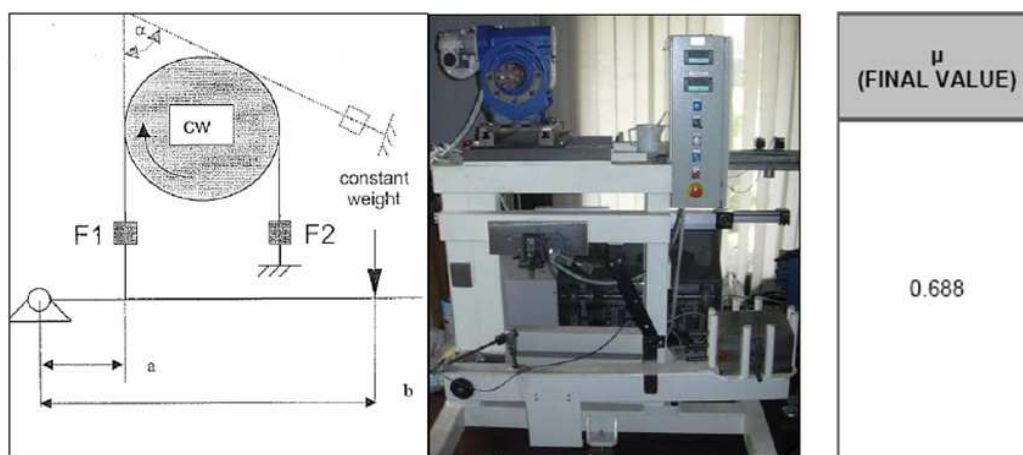
Pokud je $C_1 < C_{1min}$ pak se ve výpočtu použije C_{1min} . Jinak se použije C_1 .

Součinitel tvaru drážky

$C_2 = 1 [-]$ - dle ČSN EN 81-1 pro polokruhové drážky se zářezem i bez zářezu (v mém případě drážky ploché).

Součinitel tření

$f = 0,688 [-]$ - zjištěno měřením.



Obr. 4.2 Ukázka měřicího přístroje součinitele tření [16]

Faktor tření

$$e^{f \cdot \alpha} = e^{0,688 \cdot \pi} = 8,683 [-] \quad (4.2)$$

4.1 Určení počtu osob

$$\frac{\text{nosnost}}{75} = \frac{630}{75} = 8,4 = 8 \text{ osob } [-] \quad (4.3)$$

Dle tabulky 1.2 ČSN EN 81-1 je minimální užitná plocha $1,45 \text{ m}^2$, proto volím rozměry klece 1100/1400 mm, které dávají užitnou plochu $1,54 \text{ m}^2$.

4.2 Výpočet lan

a) Návrh lan dle bezpečnosti

$$F_{zp} = \frac{K_{DOVI}}{n_l} \cdot \left[\frac{g \cdot (P + Q)}{i_k} + n_l \cdot q_l \cdot H \cdot g \right] \text{ [N]} \quad (4.4)$$

$$F_{zp} = \frac{12}{3} \cdot \left[\frac{9,81 \cdot (900 + 630)}{2} + 3 \cdot 0,235 \cdot 25 \cdot 9,81 \right]$$

$$F_{zp} = 30710,205 \text{ N}$$

Volím lano se zaručenou nosností $F_z = 42000 \text{ [N]}$.

b) Kontrola lan – Stanovení součinitele bezpečnosti

$$K_l = \frac{F_z \cdot n_l}{\frac{g \cdot (P + Q)}{i_k} + n_l \cdot q_l \cdot H \cdot g} \text{ [-]} \quad (4.5)$$

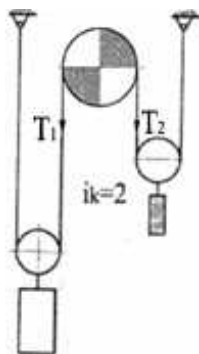
$$K_l = \frac{42000 \cdot 3}{\frac{9,81 \cdot (900 + 630)}{2} + 3 \cdot 0,235 \cdot 25 \cdot 9,81}$$

$$K_l = 16,41$$

Podmínka: $K_l \geq K_{DOVI}$

$$16,41 > 12$$

4.3 Kontrola trakce



Obr. 4.3 Ukázka zatěžujících sil a lanování; zdroj [7]

4.3.1 Nakládání - plná klec dole

a) Síla na straně klece

$$T_{1Npld} = \frac{g \cdot (1,25 \cdot Q + P + i_k \cdot n_l \cdot q_l \cdot H)}{i_k} \text{ [N]} \quad (4.6)$$

$$T_{1Npld} = \frac{9,81 \cdot (1,25 \cdot 630 + 900 + 2 \cdot 3 \cdot 0,235 \cdot 25)}{2}$$

$$T_{1Npld} = \underline{8450,09\text{N}}$$

b) Síla na straně protiváhy

$$T_{2Npld} = \frac{g \cdot \left(P + \frac{Q}{2}\right)}{i_z} \text{ [N]} \quad (4.7)$$

$$T_{2Npld} = \frac{9,81 \cdot \left(900 + \frac{630}{2}\right)}{2}$$

$$T_{2Npld} = \underline{5959,58\text{N}}$$

c) Kontrola trakční schopnosti

$$\frac{T_{1Npld}}{T_{2Npld}} \cdot C_1 \cdot C_2 \leq e^{f \cdot \alpha} \text{ [-]} \quad (4.8)$$

$$\frac{8450,09}{5959,58} \cdot 1,15 \cdot 1 \leq e^{f \cdot \alpha}$$

$$\underline{\underline{1,631 < 8,683}}$$

4.3.2 Nakládání - plná klec nahoře

a) Síla na straně klece

$$T_{1Np\ln} = \frac{g \cdot (1,25 \cdot Q + P)}{i_k} \text{ [N]} \quad (4.9)$$

$$T_{1Np\ln} = \frac{9,81 \cdot (1,25 \cdot 630 + 900)}{2}$$

$$T_{1Np\ln} = \underline{8277,19\text{N}}$$

b) Síla na straně protiváhy

$$T_{2Np\ln} = \frac{g \cdot \left(P + \frac{Q}{2} + i_z \cdot n_1 \cdot q_1 \cdot H \right)}{i_z} \text{ [N]} \quad (4.10)$$

$$T_{2Np\ln} = \frac{9,81 \cdot \left(900 + \frac{630}{2} + 2 \cdot 3 \cdot 0,235 \cdot 25 \right)}{2}$$

$$T_{2Np\ln} = \underline{6132,48\text{N}}$$

c) Kontrola trakční schopnosti

$$\frac{T_{1Np\ln}}{T_{2Np\ln}} \cdot C_1 \cdot C_2 \leq e^{f \cdot \alpha} \text{ [-]} \quad (4.11)$$

$$\frac{8277,19}{6132,48} \cdot 1,15 \cdot 1 \leq e^{f \cdot \alpha}$$

$$\underline{\underline{1,552 < 8,683}}$$

4.3.3 Nouzové zastavení - plná klec, směr dolů

a) Síla na straně klece

$$T_{1NZplsd} = \frac{(g + a) \cdot (P + Q + i_k \cdot n_1 \cdot q_1 \cdot H)}{i_k} \text{ [N]} \quad (4.12)$$

$$T_{1NZplsd} = \frac{(9,81 + 0,7) \cdot (900 + 630 + 2 \cdot 3 \cdot 0,235 \cdot 25)}{2}$$

$$T_{1NZplsd} = \underline{8225,39\text{N}}$$

b) Síla na straně protiváhy

$$T_{2NZplsd} = \frac{(g - a) \cdot \left(P + \frac{Q}{2} \right)}{i_z} \text{ [N]} \quad (4.13)$$

$$T_{2NZplsd} = \frac{(9,81 - 0,7) \cdot \left(900 + \frac{630}{2} \right)}{2}$$

$$T_{2NZplsd} = \underline{5534,33\text{N}}$$

c) Kontrola trakční schopnosti

$$\frac{T_{1NZplsd}}{T_{2NZplsd}} \cdot C_1 \cdot C_2 \leq e^{f \cdot \alpha} \text{ [-]} \quad (4.14)$$

$$\frac{8225,39}{5534,33} \cdot 1,15 \cdot 1 \leq e^{f \cdot \alpha}$$

$$\underline{\underline{1,709 < 8,683}}$$

4.3.4 Nouzové zastavení - plná klec, směr nahoru

a) Síla na straně klece

$$T_{1NZplsn} = \frac{(g - a) \cdot (P + Q)}{i_k} \text{ [N]} \quad (4.15)$$

$$T_{1NZplsn} = \frac{(9,81 - 0,7) \cdot (900 + 630)}{2}$$

$$T_{1NZplsn} = \underline{6969,15\text{N}}$$

b) Síla na straně protiváhy

$$T_{2NZplsn} = \frac{(g + a) \cdot \left(P + \frac{Q}{2} + i_z \cdot n_1 \cdot q_1 \cdot H \right)}{i_z} \text{ [N]} \quad (4.16)$$

$$T_{2NZplsn} = \frac{(9,81 + 0,7) \cdot \left(900 + \frac{630}{2} + 2 \cdot 3 \cdot 0,235 \cdot 25 \right)}{2}$$

$$T_{2NZplsn} = \underline{6570,06\text{N}}$$

c) Kontrola trakční schopnosti

$$\frac{T_{1NZplsn}}{T_{2NZplsn}} \cdot C_1 \cdot C_2 \leq e^{f \cdot \alpha} \quad [-] \quad (4.17)$$

$$\frac{6969,15}{6570,06} \cdot 1,15 \cdot 1 \leq e^{f \cdot \alpha}$$

$$\underline{\underline{1,220 < 8,683}}$$

4.3.5 Nouzové zastavení - prázdná klec, směr dolů

a) Síla na straně klece

$$T_{1NZprsd} = \frac{(g + a) \cdot (P + i_k \cdot n_l \cdot q_l \cdot H)}{i_k} \quad [\text{N}] \quad (4.18)$$

$$T_{1NZprsd} = \frac{(9,81 + 0,7) \cdot (900 + 2 \cdot 3 \cdot 0,235 \cdot 25)}{2}$$

$$T_{1NZprsd} = \underline{4914,74\text{N}}$$

b) Síla na straně protiváhy

$$T_{2NZprsd} = \frac{(g - a) \cdot \left(P + \frac{Q}{2} \right)}{i_z} \quad [\text{N}] \quad (4.19)$$

$$T_{2NZprsd} = \frac{(9,81 - 0,7) \cdot \left(900 + \frac{630}{2} \right)}{2}$$

$$T_{2NZprsd} = \underline{5534,33\text{N}}$$

c) Kontrola trakční schopnosti

$$\frac{T_{1NZprsd}}{T_{2NZprsd}} \cdot C_1 \cdot C_2 \leq e^{f \cdot \alpha} \quad [-] \quad (4.20)$$

$$\frac{4914,74}{5534,33} \cdot 1,15 \cdot 1 \leq e^{f \cdot \alpha}$$

$$\underline{\underline{1,021 < 8,683}}$$

4.3.6 Nouzové zastavení - prázdná klec, směr nahoru

a) Síla na straně klece

$$T_{1NZprsn} = \frac{(g - a) \cdot P}{i_k} \quad [N] \quad (4.21)$$

$$T_{1NZprsn} = \frac{(9,81 - 0,7) \cdot 900}{2}$$

$$T_{1NZprsn} = \underline{\underline{4099,50N}}$$

b) Síla na straně protiváhy

$$T_{2NZprsn} = \frac{(g + a) \cdot \left(P + \frac{Q}{2} + i_z \cdot n_l \cdot q_l \cdot H \right)}{i_z} \quad [N] \quad (4.22)$$

$$T_{2NZprsn} = \frac{(9,81 + 0,7) \cdot \left(900 + \frac{630}{2} + 2 \cdot 3 \cdot 0,235 \cdot 25 \right)}{2}$$

$$T_{2NZprsn} = \underline{\underline{6570,06N}}$$

c) Kontrola trakční schopnosti

$$\frac{T_{1NZprsn}}{T_{2NZprsn}} \cdot C_1 \cdot C_2 \leq e^{f \cdot \alpha} \quad [-] \quad (4.23)$$

$$\frac{4099,5}{6570,06} \cdot 1,15 \cdot 1 \leq e^{f \cdot \alpha}$$

$$\underline{\underline{0,718 < 8,683}}$$

$T_{1Npld} =$	8450,09	$T_{1Npln} =$	8277,19	$T_{1NZplsd} =$	8225,39
$T_{2Npld} =$	5959,58	$T_{2Npln} =$	6132,48	$T_{2NZplsd} =$	5534,33
$T_{1Npld} - T_{2Npld} =$	2490,51	$T_{1Npln} - T_{2Npln} =$	2144,71	$T_{1NZplsd} - T_{2NZplsd} =$	2691,06

$T_{1NZplsn} =$	6969,15	$T_{1NZprsd} =$	4914,74	$T_{1NZprsn} =$	4099,50
$T_{2NZplsn} =$	6570,06	$T_{2NZprsd} =$	5534,33	$T_{2NZprsn} =$	6570,06
$T_{1NZplsn} - T_{2NZplsn} =$	399,09	$T_{1NZprsd} - T_{2NZprsd} =$	-619,59	$T_{1NZprsn} - T_{2NZprsn} =$	-2470,56

Tab. 4.2 Přehled hodnot trakční únosnosti [N]

4.4 Výpočet výkonu

a) Zátěž na trakci pohonu

$$m_{tr} = \frac{P + Q - m_{pr}}{i_k} \text{ [kg]} \quad (4.24)$$

$$m_{tr} = \frac{900 + 630 - 1215}{2}$$

$$m_{tr} = \underline{160 \text{ kg}}$$

b) Moment motoru

$$M_{m1} = m_{tr} \cdot g \cdot R_{tr} \text{ [N} \cdot \text{m]} \quad (4.25)$$

$$M_{m1} = 160 \cdot 9,81 \cdot 0,06$$

$$M_{m1} = \underline{94 \text{ N} \cdot \text{m}}$$

Vzhledem k tomu, že provoz výtahu nemá charakter trvalého zatížení, jsou motory dimenzovány na moment o 22 % vyšší pro trvalé zatížení po dobu jedné hodiny.

$$M_{m2} = 1,22 \cdot M_{m1} \text{ [N} \cdot \text{m]} \quad (4.26)$$

$$M_{m2} = 1,22 \cdot 94$$

$$M_{m2} = \underline{115\text{N} \cdot \text{m}}$$

c) Otáčky motoru

$$n_m = \frac{v_m}{\pi \cdot D_{tr}} [\text{s}^{-1}] \quad (4.27)$$

$$n_m = \frac{2}{\pi \cdot 0,12}$$

$$n_m = \underline{5,3\text{s}^{-1}}$$

d) Výkon motoru

$$P_m = \frac{M_{m2} \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_m}{10^3} [\text{kW}] \quad (4.28)$$

$$P_m = \frac{115 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 5,3}{10^3}$$

$$P_m = \underline{3,8\text{kW}}$$

Pro výtah s nosností 630 kg a průměrem lanového bubnu 120 mm byl nadimenzován výtahový stroj NL120630 firmy EM Brno, který byl mnou zvolen.

Vlastností pomaluběžných motorů u výtahových strojů je, že jsou schopny vyvodit vyšší momenty pro překonání dočasného přetížení. Hodnota může být krátkodobě až 2,5 násobek.

Proto pohon bez problémů snese nejhorší variantu zatížení (viz. 4.3.3).

e) Eventuelní výkon motoru pro nejhorší variantu (viz. Tab. 4.2)

$$P_{m2} = \frac{T_0 \cdot v_m}{10^3} [\text{kW}] \quad (4.29)$$

$$P_{m2} = \frac{2691,06 \cdot 2}{10^3}$$

$$P_{m2} = \underline{5,4\text{kW}}$$

Z tohoto výpočtu plyne, že při nejhorší variantě zatížení je přetížení motoru 42 %, což pro motor představuje normální režim.

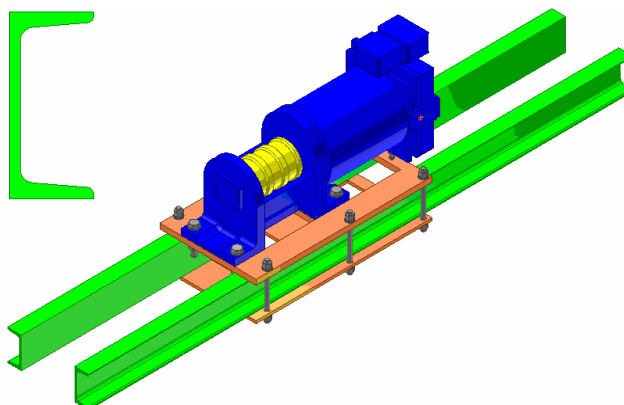
5 Pevnostní výpočty

Přehled hodnot použitých veličin

$m_m =$	100 [kg]	$W_{xI120} =$	54700 [mm ³]	$S_{zI120} =$	1200 [mm ²]
$m_{ppm} =$	20 [kg]	$W_{xU120} =$	60700 [mm ³]	$b =$	6 [mm]
$m_{zI120} =$	6 [kg]	$J_{xI120} =$	3280000 [mm ⁴]	$h =$	200 [mm]
$l =$	1800 [mm]	$J_{xU120} =$	3640000 [mm ⁴]	$d_3 =$	13,546 [mm]

Tab. 5.1 Potřebné hodnoty pro výpočet

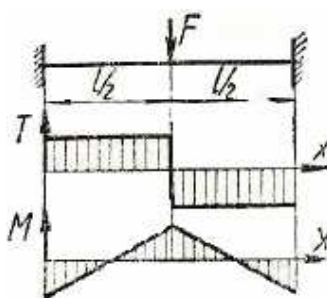
5.1 Výpočet vetknutého nosníku U120



Obr. 5.1 Pohon s roštem umístěným na nosnících U120

Výpočet je proveden zjednodušeně pro nejhorší možnou variantu, tedy zatížením osamělou silou uprostřed počítaného nosníku.

5.1.1 Výpočet napětí



Obr. 5.2 Znázornění nosníku a průběhu posouvajících sil; zdroj [1]

a) Síla zatěžující nosník U120

$$F_{U120} = \frac{\left(n_1 \cdot q_1 \cdot H + \frac{P+Q}{i_k} + \frac{P+\frac{Q}{2}}{i_z} + m_m + m_{ppm} \right) \cdot g}{2} \quad [\text{N}] \quad (5.1)$$

$$F_{U120} = \frac{\left(3 \cdot 0,235 \cdot 25 + \frac{900+630}{2} + \frac{900+\frac{630}{2}}{2} + 100 + 20 \right) \cdot 9,81}{2}$$

$$F_{U120} = \underline{7407,163\text{N}}$$

b) Ohybový moment

$$M_{U120} = \frac{F_{U120} \cdot l}{8} \quad [\text{N} \cdot \text{mm}] \quad (5.2)$$

$$M_{U120} = \frac{7407,163 \cdot 1800}{8}$$

$$M_{U120} = \underline{1666611,675\text{N} \cdot \text{mm}}$$

c) Napětí v nosníku U120

$$\sigma_{U120} = \frac{M_{U120}}{W_{xU120}} \quad [\text{MPa}] \quad (5.3)$$

$$\sigma_{U120} = \frac{1666611,675}{60700}$$

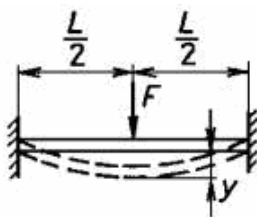
$$\sigma_{U120} = \underline{27,457\text{MPa}}$$

$\sigma_D = 70 \text{ [Mpa]}$ - dle materiálu nosníku U120 S235JR.

Podmínka: $\sigma_{U120} \leq \sigma_D$

$$\underline{27,457 < 70}$$

5.1.2 Výpočet průhybu



Obr. 5.3 Znázornění průhybu nosníku; zdroj [1]

$$y_{U120} = \frac{F_{U120} \cdot l^3}{192 \cdot E \cdot J_{xU120}} \text{ [mm]} \quad (5.4)$$

$$y_{U120} = \frac{7407,163 \cdot 1800^3}{192 \cdot 210000 \cdot 3640000}$$

$$y_{U120} = \underline{0,294\text{mm}}$$

$$y_D = \frac{l}{1000} \text{ [mm]} \quad (5.5)$$

$$y_D = \frac{1800}{1000}$$

$$y_D = \underline{1,8\text{mm}}$$

Podmínka: $y_{U120} \leq y_D$

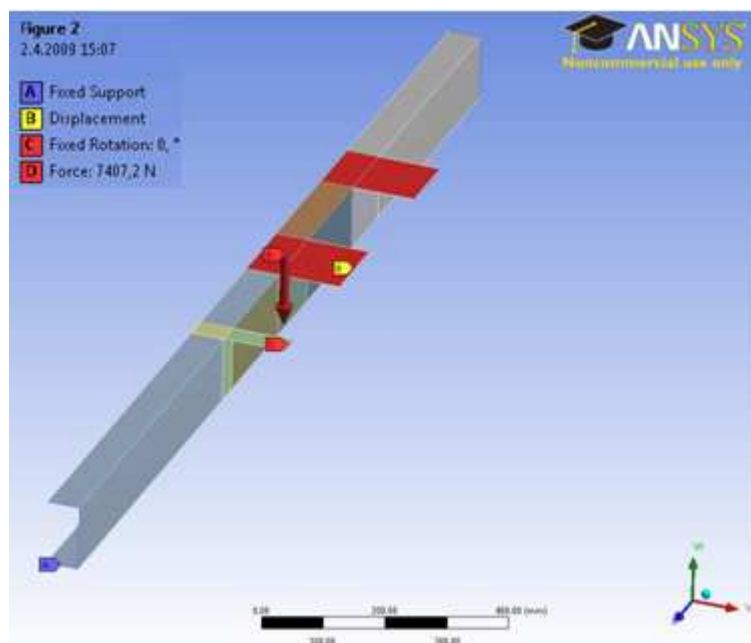
$$\underline{0,294 < 1,8}$$

5.1.3 Výpočet pomocí programu ANSYS Workbench

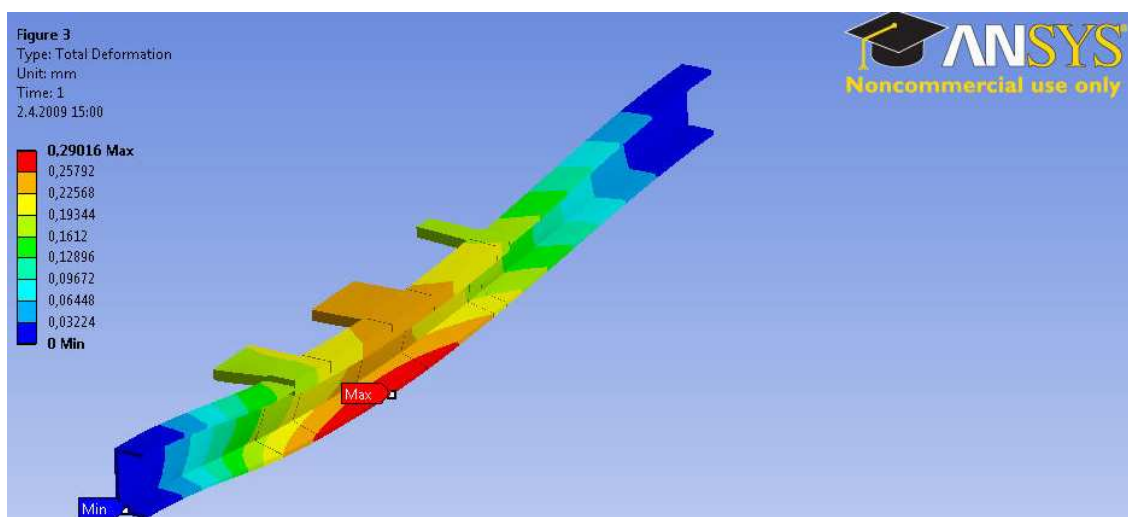
Výpočet, kdy zatížení není uprostřed řešeného nosníku, ale ve skutečné poloze dle výkresu VBS630 - 1/2 (viz. příloha č.2) byl proveden v programu ANSYS Workbench metodou konečných prvků, a proto se výsledné hodnoty mírně liší.

Statistics	
Nodes	1758
Elements	1591
Young's Modulus	210000 [MPa]

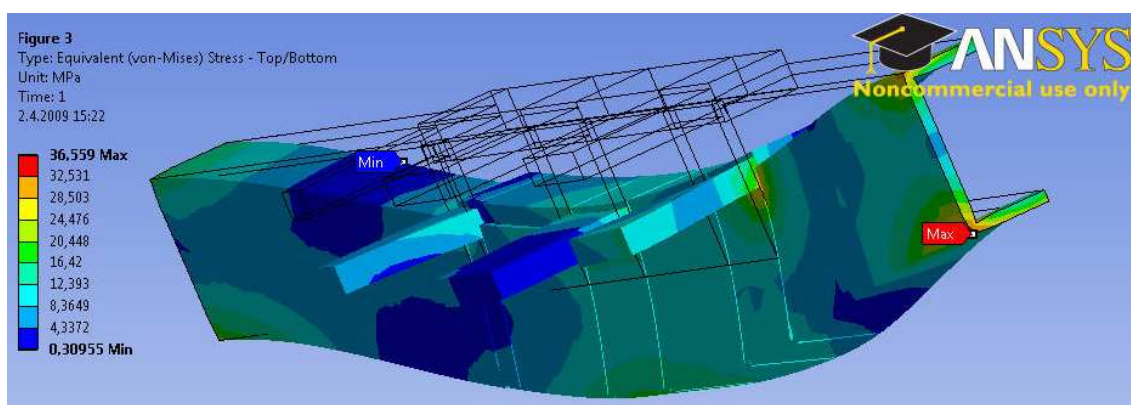
Tab. 5.2 Základní statistické údaje



Obr. 5.4 Znázornění okrajových podmínek



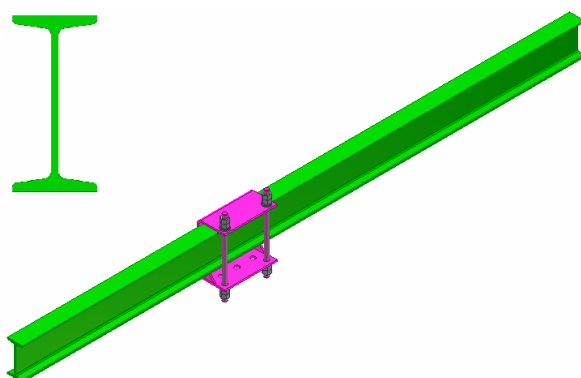
Obr. 5.5 Znázornění maximálního průhybu



Obr. 5.6 Znázornění napětí dle metody HMH

Rozdíl ve výsledcích σ_{U120} a $\sigma_{U120HMH}$ (27,457 MPa x 36,559 MPa) nastal hlavně z důvodu nepřesného modelu nosníku v počítačovém programu ANSYS Workbench, kde byl model zjednodušeně nakreslen jako 2D náčrt na střednici profilu, kterým poté byly přiřazené tloušťky. Z toho plyne rozdílná hodnota průřezového modulu nosníku W_x oproti hodnotě dle normy u profilu U120. Výsledné hodnoty průhybu vyšly u obou metod výpočtu podobně.

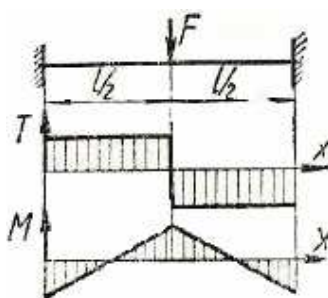
5.2 Výpočet vetknutého nosníku I120



Obr. 5.7 Závěs lan umístěný na nosníku I120

Výpočet je proveden zjednodušeně pro nejhorší možnou variantu, tedy zatížením osamělou silou uprostřed počítaného nosníku.

5.2.1 Výpočet napětí



Obr. 5.8 Znázornění nosníku a průběhu posouvajících sil; zdroj [1]

a) Síla zatěžující nosník I120

$$F_{I120} = \left(n_l \cdot q_l \cdot H + \frac{P+Q}{i_k} + m_{zI120} \right) \cdot g \text{ [N]} \quad (5.6)$$

$$F_{I120} = \left(3 \cdot 0,235 \cdot 25 + \frac{900 + 630}{2} + 6 \right) \cdot 9,81$$

$$F_{I120} = \underline{7736,411\text{N}}$$

b) Ohybový moment

$$M_{I120} = \frac{F_{I120} \cdot l}{8} \text{ [N} \cdot \text{mm]} \quad (5.7)$$

$$M_{I120} = \frac{7736,411 \cdot 1800}{8}$$

$$M_{I120} = \underline{1740692,475\text{N} \cdot \text{mm}}$$

c) Napětí v nosníku I120

$$\sigma_{I120} = \frac{M_{I120}}{W_{xI120}} \text{ [MPa]} \quad (5.8)$$

$$\sigma_{I120} = \frac{1740692,475}{54700}$$

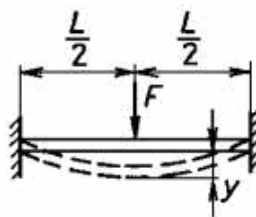
$$\sigma_{I120} = \underline{31,823\text{MPa}}$$

$\sigma_D = 70 \text{ [Mpa]}$ - dle materiálu nosníku I120 S235JR.

Podmínka: $\sigma_{I120} \leq \sigma_D$

$$\underline{31,823 < 70}$$

5.2.2 Výpočet průhybu



Obr. 5.9 Znáznornění průhybu nosníku; zdroj [1]

$$y_{I120} = \frac{F_{I120} \cdot l^3}{192 \cdot E \cdot J_{xI120}} \text{ [mm]} \quad (5.9)$$

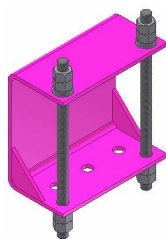
$$y_{I120} = \frac{7736,411 \cdot 1800^3}{192 \cdot 210000 \cdot 3280000}$$

$$y_{I120} = \underline{0,341\text{mm}}$$

Podmínka: $y_{I120} \leq y_D$

$$\underline{0,341 < 1,8}$$

5.3 Výpočet závěsu u nosníku I120



Obr. 5.10 Závěs pro lana na nosník I120

Výztuhy závěsu nosníku I120 jsou ve výpočtu zanedbány a tím jsme jednoznačně na straně bezpečnosti.

a) Síla na 1/2 zatěžujícího závěsu

$$F_{zI120} = \frac{\left(n_1 \cdot q_1 \cdot H + \frac{P+Q}{i_k} \right) \cdot g}{2} \text{ [N]} \quad (5.10)$$

$$F_{zI120} = \frac{\left(3 \cdot 0,235 \cdot 25 + \frac{900+630}{2} \right) \cdot 9,81}{2}$$

$$F_{zI120} = \underline{3838,776\text{N}}$$

5.3.1 Výpočet plechu závěsu

a) Napětí plechu závěsu

$$\sigma_{\text{tpzI120}} = \frac{F_{\text{zI120}}}{S_{\text{zI120}}} = \frac{F_{\text{zI120}}}{b \cdot h} \text{ [MPa]} \quad (5.11)$$

$$\sigma_{\text{tpzI120}} = \frac{3838,776}{6 \cdot 200}$$

$$\sigma_{\text{tpzI120}} = \underline{3,199 \text{ Mpa}}$$

$\sigma_{\text{tD}} = 65 \text{ [Mpa]}$ - dle materiálu plechu závěsu S235JR.

Podmínka: $\sigma_{\text{tpzI120}} \leq \sigma_{\text{D}}$

$$\underline{3,199 < 65}$$

5.3.2 Výpočet závitových tyčí M16 závěsu

a) Napětí v jedné závitové tyči

$$\sigma_{\text{ttzI120}} = \frac{\frac{F_{\text{zI120}}}{2}}{S} = \frac{\frac{F_{\text{zI120}}}{2}}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} \text{ [MPa]} \quad (5.12)$$

$$\sigma_{\text{ttzI120}} = \frac{\frac{3838,776}{2}}{\frac{\pi \cdot 13,546^2}{4}}$$

$$\sigma_{\text{ttzI120}} = \underline{13,325 \text{ Mpa}}$$

$\sigma_{\text{tD}} = 65 \text{ [Mpa]}$ - dle materiálu závitový tyčí S235JR.

Podmínka: $\sigma_{\text{ttzI120}} \leq \sigma_{\text{D}}$

$$\underline{13,325 < 65}$$

6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navržení výtahu bez strojovny, kde místo klasických typů ocelových lan jsou použita lana plochá.

V úvodu textové části byl definován pojem výtah a poté popsáno rozdělení, základní parametry, jednotlivé hlavní části a varianty možných řešení výtahů, ze kterých byl dle řady výhod vybrán výtah bez strojovny.

Pozornost nemohla uniknout použitým lanům, jim odpovídající výtahové pohony, samozřejmě patentově chráněná ojedinělá technická řešení výtahů bez strojovny a řada odchylek od existujících předpisů, které přinášejí umístění výtahového pohonu ve výtahové šachtě.

Dále byla zpracována řada technologických výpočtů dle normy ČSN EN 81-1, dle kterých jsem určil počet osob a z toho rozměry klece, navrhl a zkontroloval jsem použitá lana, propočítal trakční únosnost a v neposlední řadě výkon pohonu výtahu dle firmy EM Brno, od které byl pohon zvolen.

Z pevnostních výpočtů jsem propočítal nosníky uchycující pohon, u kterých byl proveden i kontrolní výpočet v programu ANSYS Workbench a dále nosník se závěsem na lana na něm umístěným.

Ve výkresové dokumentaci je podrobně znázorněno celkové dispoziční řešení výtahu bez strojovny na plochá lana s označením hlavních částí výtahu a s uvedenými základními parametry výtahu (viz. příloha č.2). Součástí výkresové dokumentace je dále i sestavný výkres rámu a výrobní výkres jednoho jeho komponentu.

7 Seznam použitých pramenů

A) Knižní publikace

- [1] ČERNOCH, S. *Strojně technická příručka. I.* 13. upr. vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury SNTL, 1977. 1294 s.
- [2] DOLEŽAL, J., JANOVSKEÝ, L. *Výtahy a eskalátory (Technický průvodce 55).* 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1980. 695 s.
- [3] JANOVSKEÝ, L. *Výtahy a eskalátory I.* 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1971. 210 s.
- [4] KORANDA, J. *Výtahy: doporučený standard technický oboru technologická zařízení staveb, doprava.* Praha: Informační centrum ČKAIT, 1998. 4 s.
- [5] KORANDA, J. *Výtahy bez strojovny: doporučený standard technický: skupina doprava.* Praha: Informační centrum ČKAIT, 2001. 4 s. ISBN 80-86364-40-2.
- [6] LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky.* 3. dopl. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.
- [7] POLÁK, J., SLÍVA, A. *Dopravní a manipulační zařízení III.* Ostrava: Ediční středisko VŠB - TU Ostrava, 2005. 133 s. ISBN 80-248-0963-X.

B) Legislativa

- [8] Vyhláška č. 19/1979 Sb., o vyhrazených zdvihacích zařízeních.

C) Normy

- [9] *Norma ČSN EN 81-1 Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů (Část 1: Elektrické výtahy).* Praha : ČNI, 1999.
- [10] *Norma ČSN EN 81-1: ZMĚNA A1 Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů (Část 1: Elektrické výtahy).* Praha : ČNI, 2006.
- [11] *Norma ČSN EN 81-1: ZMĚNA A2 Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů (Část 1: Elektrické výtahy).* Praha : ČNI, 2005.
- [12] *Norma ČSN 27 4011 Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů (Podstatné změny výtahů).* Praha : ČNI, 2004.

- [13] *Norma ČSN ISO 4190-1 Zřizování elektrických výtahů (Část 1: Výtahy třídy I, II, III a VI).* Praha : ČNI, 2005.

D) Elektronické monografie a ostatní internetové zdroje

- [14] www.comming.cz
[15] www.kone.com/cs_CZ/main
[16] www.liftcomp.cz
[17] www.otisworldwide.com
[18] www.region-lana.cz
[19] www.schindler-cz.cz
[20] www.triplex.cz

8 Přílohy

A) Katalogové listy

- [1] Výtahový pohon NL120630 firmy EM Brno

B) Výkresová dokumentace

- [2] VBS630 - 1/2 Sestavný výkres výtahu
[3] VBS630 - 2/2 Kusovník sestavného výkresu výtahu
[4] RámVBS630 Sestavný výkres rámu
[5] Horní nosník Výrobní výkres komponentu rámu výtahu